

网络出版时间:2012-04-16 15:38

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120416.1538.017.html>

基于模糊集分析法的浑河流域汛期分期研究

邢旭光¹, 史文娟¹, 赵 崑²

(1 西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048; 2 沈阳农业大学 水利学院, 辽宁 沈阳 110161)

[摘 要] **【目的】**基于模糊集分析法对辽河支流浑河流域的汛期分期进行研究, 为浑河流域洪水资源的合理利用提供参考。**【方法】**利用模糊集分析方法, 以浑河流域沈阳站为代表站, 用其 1956—2000 年 45 年的汛期旬径流量实测资料对浑河流域的汛期分期进行研究, 并用 45 年的实测资料对汛期分期结果的合理性进行分析。**【结果】**6 月上旬—7 月上旬是浑河流域的前汛期, 7 月中旬—8 月下旬是其主汛期, 9 月上旬—9 月下旬是其后汛期。基于 45 年实测资料的分析表明, 该汛期划分是合理且可靠的。**【结论】**将模糊集方法应用于浑河流域汛期分期是可行的。

[关键词] 浑河流域; 汛期分期; 模糊集分析法

[中图分类号] TV697.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)05-0231-04

Study on flood season staging of Hunhe river basin based on the method of fuzzy sets analysis

XING Xu-guang¹, SHI Wen-juan¹, ZHAO Zhan²

(1 Key Laboratory for Northwest Water Resources and Ecological Environment of Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 2 College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: **【Objective】**In order to provide references in the fields of using flood resources in Hunhe river basin reasonably and efficiently, the paper made a research on flood season staging of Hunhe river basin in Liaohe River tributaries based on the method of fuzzy sets analysis. **【Method】**The paper studied flood season aging of Hunhe river basin viewing the Shenyang station as the representative and using measured data of 45 years from 1956 to 2000 based on the method of fuzzy sets analysis and analyzed its rationality via the measured data of 45 years. **【Result】**It reached a result via years of ten-day runoff data: the first ten-day of June to the first ten-day of July was pre-flood season of Hunhe river basin; the second ten-day of July to the third ten-day of August was its main flood season; the first ten-day to the third ten-day of September was its latter flood season. The flood stage was reasonable and reliable based on the analysis of measured data of 45 years. **【Conclusion】**It is feasible to study flood season staging of Hunhe river basin based on the method of fuzzy sets analysis.

Key words: Hunhe river basin; flood season staging; fuzzy sets analysis

浑河属辽河的支流, 长 368 km, 流域面积 11 481 km², 年径流量 30.52 亿 m³。浑河一般从 11

月到翌年 3 月上旬靠地下水补给, 11 月至翌年 2 月径流量一般占年径流量的 5%~10%, 一年有 3~4

* [收稿日期] 2011-10-31

[基金项目] 西安理工大学创新基金项目(106-210708); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金项目(10501-170)

[作者简介] 邢旭光(1986—), 男, 辽宁沈阳人, 在读硕士, 主要从事农业水资源研究。E-mail: xg_xing@yeah.net

[通信作者] 史文娟(1972—), 女, 陕西武功人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事农业水资源高效利用研究。

E-mail: shiwj@xaut.edu.cn

个月为结冰期。由于辽、浑、太水域 6—9 月的降水量占全年降水量的 70%~80%，这个时期浑河上游进入汛期，此时其径流量占年径流量的 70%^[1]。

水库汛期分期，对洪水资源的开发与利用及未来的防洪决策和水资源的可持续发展均具有重要意义，对缓解水库防洪与兴利的矛盾、充分利用洪水资源促进区域经济发展尤为重要^[2-3]，同时也可有效避免汛期大量弃水、汛末无水可用的现象^[4]。目前，关于水库汛期分期的计算方法有数理统计法^[5]、成因分析法^[5]、相对频率法^[6]、模糊数学法^[7]等。与其他方法相比，模糊数学法更有利于反映汛期的变化规律，而且简单实用、可操作性强。金保明等^[8]、冯平等^[9]、蒋云钟等^[10]运用模糊集分析法分别对闽江上游流域、海河流域、红山水库的汛期分期进行了研究，并分析了分期结果的合理性。但从总体来说，模糊集分析方法目前还未广泛应用于各个流域。本研究从洪水资源利用的角度出发，采用模糊集分析方法对浑河流域的汛期分期进行了研究，旨在为浑河流域不同阶段的防洪减灾及洪水资源利用提供参考。

1 模糊系统概述

模糊集是传统的集合论的推广，其中包含隶属不精确的元素。模糊集将隶属的程序定义为隶属度函数，通常该函数值介于 0 与 1 之间。这种方法明确地提供了一种用数学模型表达不确定性问题的方式。

在许多事物的表达中，有很多没有明确出处的概念，这就是模糊概念，加之无法给出一个确切的定义，所以人们在研究此类模糊概念的事物时就引入了模糊集合的概念。对于模糊集合来说，一个元素可以是既属于又不属于某一模糊集合，界限模糊^[11]。

2 模糊集分析法在汛期分期中的应用

客观世界存在的诸多事物和现象都具有属性不分明、处于中间或模棱两可的模糊性特点。水文系统模糊集分析有助于水文科学的发展，可以更全面地认识并揭示水文系统规律，其基本方法是将确定性分析、概率统计分析与模糊集分析结合起来进行水文分析^[10,12]。

2.1 汛期模糊集分析

汛期是一种模糊现象，因此可以将其作为某特定时期的一个模糊子集 A ，对于这个集合不宜指明哪些元素 t (时间) 一定属于或不属于它，只需对每个

元素 t 确定一个数 μ_A ，用这个数表示该元素 t 对集合 A 的隶属程度，即用隶属度来描述处于非汛期向汛期过度段的元素对差异一方所具有的倾向性^[12-14]。

2.2 模糊集合分析方法

在汛期划分时，首先收集 n 年降雨量或流量资料作为试验集，定义论域 T 为一年时间。其次，定义一个进入汛期的降雨量或流量指标阈值 Y_T 。然后，对于任意一年，根据降雨量或流量 $\geq Y_T$ 的起始时间 t_1 和终止时间 t_2 ，确定该年汛期区间，作为模糊集合 A 的一次试验结果，如此以来 n 年便可以得到 n 个试验结果，其表示方法为 $t_i = [t_{1i}, t_{2i}]$, $i = 1 \sim n$ 。一次试验结果称为一个显影， n 次试验得到 n 个显影样本。最后，在论域 T 上计算出某一时间 t 被汛期显影样本覆盖的次数 n_t ，则时间 t 属于汛期模糊集合 A 的隶属频率为 $P_A(t) = n_t/n$ 。当 n 足够大时，隶属频率可以代替隶属度^[15]。

3 分析计算步骤

用模糊统计试验确定汛期经验隶属函数的大致步骤如下^[16]：

(1) 选取一个能描述本水库进入和退出汛期的指标，要求该指标能够反映汛期的确切涵义并保证有足够的资料。

(2) 通过对资料的分析，选定该指标的标准值作为非汛期和汛期的硬性分界，计算出各旬内超过指标值的次数。

(3) 统计时间论域上各日被汛期样本区间覆盖的次数 n ，如果 t 被覆盖的次数为 n_t ，则 t 属于汛期的隶属频率 $P_A(t) = n_t/n$ 。若 n 足够大，隶属频率即为属于汛期模糊集合隶属度 $t: \mu'_A = P_A(t)$ ，并将其作为汛期的隶属函数。

(4) 根据经验隶属函数绘制相应曲线，计算水库的汛期分期。

4 应用实例

浑河流域中沈阳水文站素有“辽宁第一站”之称。该站位于沈阳城区，有着特殊的地理位置，是浑河干流沈阳辖区惟一控制站，亦是国家重要水文站，而且旬径流量资料系列较长、资料可靠，具有一定的代表性。因此，本研究以沈阳站为代表站，选取其 1956—2000 年 45 年汛期旬径流量资料，以旬为汛期分期的划分时段，对浑河流域汛期分期进行研究。

4.1 汛期分期

为了使研究结果客观合理,首先计算得出沈阳水文站 45 年整体的旬径流量平均值为 $122 \times 10^6 \text{ m}^3$,在该值左右各选 1 个旬径流量指标值,即 100×10^6 和 $140 \times 10^6 \text{ m}^3$;然后分别统计 1956—2000 年

6—9 月各旬径流量 $\geq 100 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、 $\geq 122 \times 10^6 \text{ m}^3$ 及 $\geq 140 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的旬数,分别记作 n_1 、 n_2 、 n_3 ;再计算出其占总年份的概率(即各旬的经验隶属度),分别记作 P_1 、 P_2 、 P_3 ,计算公式为 $P_i = n_i / 45, i = 1, 2, 3$;最后根据所得数据绘制隶属函数图,结果见图 1。

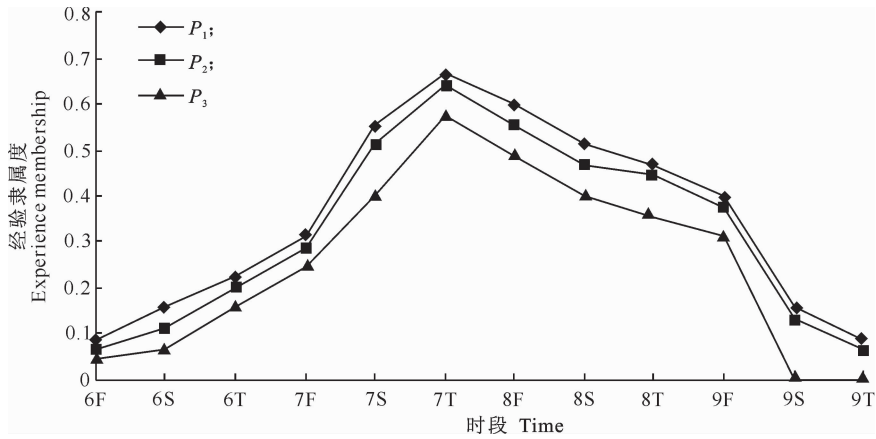


图 1 浑河流域 1956—2000 年 6—9 月份各旬径流量经验隶属度函数图

图中横坐标 6F、6S、6T 分别表示 6 月上、中、下旬,其余依此类推

Fig. 1 Chart of experience membership function of each ten-day runoff from June to September of 1956—2000 in Hunhe river basin

The abscissa of 6F, 6S, and 6T in Fig. 1 express the first ten-day, second ten-day and third ten-day respectively, the rest so on

从图 1 可以看出,7 月中旬—8 月下旬,隶属度普遍在 0.3 以上,并且最大值高达 0.7,平均值为 0.51,因此较大旬径流量集中在 7 月中旬—8 月下旬,故将该时段作为主汛期。

4.2 分期结果的合理性分析

浑河流域 1956—2000 年 6—9 月份各旬最大径流量实测资料统计结果见图 2。

由图 2 可看出,浑河流域沈阳站 1956—2000 年 45 年 6 月上旬—7 月上旬的最大旬径流量为 $330 \times 10^6 \text{ m}^3$,7 月中旬—8 月下旬的最大旬径流量为 $1785 \times 10^6 \text{ m}^3$,9 月上旬—9 月下旬的最大旬径流量为 $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。可见,浑河流域沈阳站 1956—2000 年 45 年间 7 月中旬—8 月下旬的最大旬径流量最大,为 6 月上旬—7 月上旬最大旬径流量的 5.41 倍,是 9 月上旬—9 月下旬最大旬径流量的 3.57 倍。

综合上述分析可以确定,浑河流域 6 月上旬—7 月上旬是前汛期,7 月中旬—8 月下旬是主汛期,9 月上旬—9 月下旬是后汛期。

5 结 论

运用模糊集理论方法对汛期分期进行研究,能较好地描述汛期这一模糊概念的实际情况,亦能较好地反映出汛期变化是一个连续的过程。对河流的汛期进行分期在水库防洪、洪水资源利用和水资源评价^[17]等方面均具有重要意义。本研究还表明:

(1)由于汛期的变化具有模糊性,在利用模糊集理论研究该问题时以旬径流量为指标,在一定程度上可以反映出汛期所具有的动态性和过程性。

(2)模糊集理论的研究结果表明,浑河流域的主

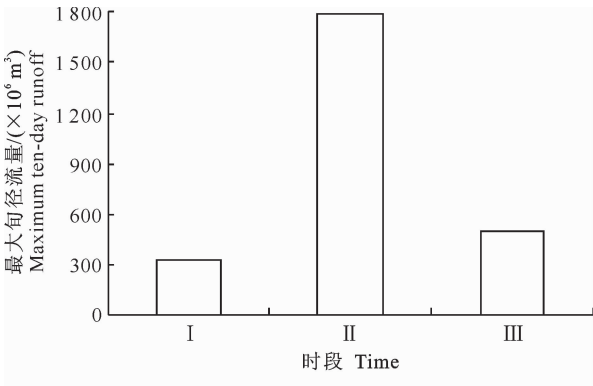


图 2 浑河流域 1956—2000 年 6—9 月份

各旬最大径流量图

I. 6 月上旬—7 月上旬; II. 7 月中旬—8 月下旬;
III. 9 月上旬—9 月下旬

Fig. 2 Chart of maximum ten-day runoff of each ten-day from June to September of 1956—2000 in Hunhe river basin

I. First ten-day from Jun. to Jul.; II. Second ten-day of Jul. to third ten-day of Aug.; III. First ten-day to the third of Sep.

汛期于 7 月中旬开始,于 8 月下旬结束。这与主汛期“七上八下”的统计规律基本吻合,证明将模糊集方法应用于河流汛期分期是可行的。

[参考文献]

[1] 何俊士,陆超,胡春媛. 浑河流域水资源合理配置研究 [J]. 水电能源科学, 2010, 28(3): 17-19.
He J S, Lu C, Hu C Y. Study on rational allocation of water resources in Hunhe river basin [J]. Water Resources and Power, 2010, 28(3): 17-19. (in Chinese)

[2] 徐乾清. 中国水利百科全书 [M]. 2 版. 北京: 中国水利水电出版社, 2006: 794-795.
Xu Q Q. China's water encyclopedia [M]. 2nd ed. Beijing: Hydraulic and Hydroelectric Press of China, 2006: 794-795. (in Chinese)

[3] 罗天翔,谷秀英,王海红. 浑河沈阳站 1995 年溃堤洪水的水文比拟还原法 [J]. 水文, 2003, 23(6): 31-34.
Luo T X, Gu X Y, Wang H H. Hydrological match reduction method of dyke break flood of Hunhe Shenyang Station in 1995 [J]. Journal of China Hydrology, 2003, 23(6): 31-34. (in Chinese)

[4] 刘招. 水库的洪水资源化理论和方法研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2008.
Liu Z. Study on theory and method of the flood resources utilization based on reservoir [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2008. (in Chinese)

[5] 史良如,陈继东. 利用水文气象和统计规律对海河流域中南部水库汛期控制运用的研究 [J]. 水文, 1996(6): 52-56.
Shi L R, Chen J D. Study on reservoir flood control and application in Mid-South area of Haihe River Basin based on hydrological meteorological and statistical rule [J]. Journal of China Hydrology, 1996(6): 52-56. (in Chinese)

[6] 喻婷,郭生练,刘攀,等. 水库汛期分期方法研究及其应用 [J]. 中国农村水利水电, 2006(3): 24-26.
Yu T, Guo S L, Liu P, et al. Study on method and application of reservoir flood season staging [J]. China Rural Water and Hydropower, 2006(3): 24-26. (in Chinese)

[7] 陈守煜. 从研究汛期描述论水文系统模糊集分析的方法论 [J]. 水科学进展, 1995(2): 133-138.
Chen S Y. Methodology of fuzzy sets analysis to hydrologic system from research on flood period description [J]. Advances in Water Science, 1995(2): 133-138. (in Chinese)

[8] 金保明,方国华. 模糊集合分析法在南平市汛期分期中的应用 [J]. 水力发电, 2010, 36(3): 20-22.
Jin B M, Fang G H. Application of fuzzy set analysis method on flood stage study of Nanping [J]. Water Power, 2010, 36(3): 20-22. (in Chinese)

[9] 冯平,徐向广,李海. 基于模糊集合分析的汛期分期方法及其应用 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(3): 495-498.

Feng P, Xu X G, Li H. Method to divide flood season based on the fuzzy set analysis and its application [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(3): 495-498. (in Chinese)

[10] 蒋云钟,周惠成,王本德,等. 我国北方水库汛期描述的综合分析方法 [J]. 水电能源科学, 1995, 13(3): 143-148.
Jiang Y Z, Zhou H C, Wang B D, et al. A synthetical method for describing flood season of reservoir in the northern basins in China [J]. Water Resources and Power, 1995, 13(3): 143-148. (in Chinese)

[11] 张德丰. MATLAB 模糊系统设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 35-41.
Zhang D F. Design on MATLAB fuzzy system [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2009: 35-41. (in Chinese)

[12] 张建生,黄强,马永胜,等. 水库汛期分期及其评价方法 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(10): 229-234.
Zhang J S, Huang Q, Ma Y S, et al. Division of flood seasonal phases for reservoir and the evaluation method [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2009, 37(10): 229-234. (in Chinese)

[13] 陈守煜,王淑英,郭瑜,等. 水库设计汛限水位动态模糊控制分析 [J]. 大连理工大学学报, 2005, 45(5): 735-736.
Chen S Y, Wang S Y, Guo Y, et al. Analysis of dynamic fuzzy control of flood control limited levels in reservoir [J]. Journal of Dalian University of Technology, 2005, 45(5): 735-736. (in Chinese)

[14] 谢季坚. 模糊数学方法及应用 [M]. 第 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2000: 37-41.
Xie J J. The fuzzy mathematics method and application [M]. 2nd ed. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2000: 37-41. (in Chinese)

[15] 刘秀华,宋君,张志会,等. 清河水库汛期分期研究 [J]. 水利水电技术, 1999, 30(增刊 1): 60-61.
Liu X H, Song J, Zhang Z H, et al. Study on flood season staging of Qinghe reservoir [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 1999, 30(Suppl. 1): 60-61. (in Chinese)

[16] 陈守煜. 工程水文水资源模糊集分析理论与实践 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1998.
Chen S Y. Fuzzy analysis theory and practice of hydrology and water resources project [M]. Dalian: Dalian University of Technology Press, 1998. (in Chinese)

[17] 白鹏,宋孝玉. 基于模糊综合评判的西安市地下水资源承载能力评价 [J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 141-145.
Bai P, Song X Y. Analysis of groundwater resources carrying capacity in Xi'an based on fuzzy comprehensive assessment [J]. Agriculture Research in the Arid Areas, 2010, 28(2): 141-145. (in Chinese)